

## Wabenkörper aus Lagen mit Umstülpungen und Lagen mit Gegenstrukturen

- 5 Die Erfindung bezieht sich auf einen aus abwechselnden im wesentlichen glatten und zumindest teilweise strukturierten Lagen aufgebauten Wabenkörper. Die Struktur der strukturierten Lagen ist dabei typischerweise eine Wellung, wobei diese noch Unterstrukturen in Form von Umstülpungen aufweist.
- 10 Gerade im Automobilbau hat sich durch sich stetig verschärfende gesetzliche Grenzwerte in vielen Ländern der Einsatz von katalytischen Konvertern zur Umsetzung von schädlichen Anteilen des Abgases durchgesetzt. Oftmals werden als Katalysator-Trägerkörper in katalytischen Konvertern oder auch als Filterkörper Wabenkörper eingesetzt, weil diese eine große Reaktions- bzw. Filteroberfläche
- 15 pro Volumeneinheit zur Verfügung stellen.

- Solche Wabenkörper werden im wesentlichen aus keramischem Werkstoff oder als aus mehreren Lagen bestehende metallische Wabenkörper ausgebildet. Man unterscheidet bei metallischen Wabenkörper vor allem zwei typische Bauformen.
- 20 Eine frühe Bauform, für die die DE 29 02 779 A1 typische Beispiele zeigt, ist die spiralige Bauform, bei der eine im wesentlichen glatte und eine gewellte Blechlage aufeinandergelegt und spiralförmig aufgewickelt werden. Bei einer anderen Bauform wird der Wabenkörper aus einer Vielzahl von abwechselnd angeordneten glatten und gewellten oder unterschiedlich gewellten Blechlagen gebildet,
- 25 wobei die Blechlagen zunächst in einem oder mehreren Stapeln angeordnet und dann miteinander verschlungen werden. Dabei kommen Enden aller Blechlagen außen zu liegen und können mit einem Gehäuse oder Mantelrohr verbunden werden, wodurch zahlreiche Verbindungen entstehen, die die Haltbarkeit des Wabenkörpers erhöhen. Typische Beispiele dieser Bauformen sind in der EP 0 245 737
- 30 B1 oder der WO 90/03220 beschrieben. Auch seit langem bekannt ist es, die Blechlagen mit zusätzlichen Strukturen auszustatten, um die Strömung zu beeinflussen und/oder eine Quervermischung zwischen den einzelnen Strömungskanä-

len zu erreichen. Typische Beispiele für solche Ausgestaltungen sind die WO 91/01178, die WO 91/01807 und die WO 90/08249. Schließlich gibt es auch Wabenkörper in konischer Bauform, gegebenenfalls auch mit weiteren zusätzlichen Strukturen zur Strömungsbeeinflussung. Ein solcher Wabenkörper ist beispielsweise in der WO 97/49905 beschrieben. Darüber hinaus ist es auch bekannt, in einem Wabenkörper eine Aussparung für einen Sensor freizulassen, insbesondere zur Unterbringung einer Lambdasonde. Ein Beispiel dafür ist in der DE 88 16 154 U1 beschrieben. Wabenkörper finden auch Einsatz als Adsorberstrukturen, in denen Schadstoffanteile wie zum Beispiel Stickoxide zumindest vorübergehend gespeichert werden können, sowie als Filter, insbesondere Partikelfilter, die offen oder geschlossen ausgebildet sein können.

Besonders bei metallischen Wabenkörper hat es sich gezeigt, dass sich diese beim Einsatz im Abgassystem eines Automobils im Verlaufe der Zeit aufgrund der thermischen Wechselbelastungen verformen. Insbesondere ist es bekannt, dass der Wabenkörper teleskopiert, dass heißt, dass sich ein Teil des Wabenkörpers teilweise aufgrund der pulsatischen Gasströme, denen er ausgesetzt ist, aus einer Stirnseite des Wabenkörpers hinausschiebt, oder dass der Wabenkörper eine Tonnenform annimmt, also dass sich der Durchmesser des Wabenkörpers im Bereich der Gaseintritts- und/oder Gasaustrittsseite verkleinert. Solche und andere Verformungen führen zu oder beruhen auf der Verschiebbarkeit von benachbarten Wänden der Hohlräume in Strömungsrichtung, die beispielsweise bei einer fehlenden oder fehlerhaften Anbindung an benachbarte Wände der Hohlräume, die bevorzugt durch thermische Fügeverfahren wie beispielsweise Löten oder Schweißen ausgebildet wird, auftreten kann.

Aus der EP 0 298 943 A2 ist in diesem Zusammenhang ein Katalysator-Trägerkörper bekannt, der nicht gelötet ist, sondern der durch das Zusammenwirken von Stegen und Ausnehmungen in entsprechenden benachbarten Lagen mechanisch fixiert ist. Aus der DE 27 33 640 A1 ist es bekannt, durch Zungen und

entsprechende Ausnehmungen in benachbarten Lagen eine entsprechende Verriegelung zu erreichen.

5 Als problematisch erweist sich die Verriegelung benachbarter Lagen dann, wenn innerhalb des Wabenkörpers beispielsweise in strukturierten Lagen Umstülpungen bestehen, die der Strömungsbeeinflussung, insbesondere auch der Verbindung von in Umfangrichtung benachbarten Hohlräumen dienen und wie sie aus dem oben genannten Stand der Technik bekannt sind.

10 Davon ausgehend liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen metallischen Wabenkörper anzugeben, der Maßnahmen zur Strömungsbeeinflussung enthält und dessen Lagen wirkungsvoll vor einer relativen Verschiebung benachbarter Lagen in Strömungsrichtung geschützt sind.

15 Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Wabenkörper mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein erfindungsgemäßer Wabenkörper ist aus abwechselnden im wesentlichen glatten und zumindest teilweise strukturierten Lagen gebildet und dient insbesondere  
20 als Katalysator-Trägerkörper und/oder Filter, vorzugsweise für das Abgassystem eines Automobils. Dabei bilden die Lagen für ein Fluid im wesentlichen in einer axialen Strömungsrichtung durchlässige Hohlräume, wobei die strukturierten Lagen Strukturextrema aufweisen, die mit benachbarten im wesentlichen glatten  
25 Lagen in Kontakt sind, und wobei die strukturierten Lagen im Bereich ihrer Strukturextrema Umstülpungen aufweisen, die in die Hohlräume hineinragen und in einem zur Strömungsrichtung senkrechten Querschnitt durch den Wabenkörper eine zu den Strukturextrema etwa inverse Form aufweisen, so dass im Bereich der Umstülpungen Unterbrechungen in den Strukturextrema entstehen. Erfindungs-  
30 gemäß sind im Bereich der Umstülpungen und/oder der Strukturextrema Gegen-

strukturen in den im wesentlichen glatten Lagen ausgebildet, die mit den Strukturextrema und/oder mit den Umstülpungen in Eingriff stehen.

5 Besonders günstig ist es, wenn die Strukturextrema und/oder Umstülpungen mit den Gegenstrukturen formschlüssig zusammenwirken, so dass insbesondere eine Verschiebung der Lagen untereinander in Strömungsrichtung verhindert wird.

10 Unter einer Umstülpung versteht man in diesem Zusammenhang eine Struktur, die durch Umformung einer strukturierten Lage ausgebildet wird. Eine solche Umstülpung schafft eine durchströmbare Öffnung, die eine Verbindung zu einem benachbarten Hohlraum bildet. Durch diese Öffnung kann somit Fluid wie zum Beispiel Abgas, welches durch den Wabenkörper strömt, von einem Hohlraum zu einem benachbarten Hohlraum gelangen. Diese Öffnung ist bevorzugt in Strömungsrichtung ausgebildet. Umstülpungen führen aufgrund der zusätzlichen Anströmkanten der Umstülpung in vorteilhafter Weise zu einer Verwirbelung der  
15 Strömung, die der Ausbildung von laminaren Randströmungen entgegenwirkt. Es ist daher sinnvoll, dass eine formschlüssige Verbindung mit Gegenstrukturen nicht die ganze so geschaffene Öffnung wieder verschließt, sondern nur einen ganz kleinen Teil des Öffnungsquerschnittes beansprucht. Im günstigsten Fall  
20 kann die formschlüssige Verbindung Dimensionen nur in der Größenordnung der Dicke der Lagen haben.

Insbesondere ist es vorteilhaft, die Umstülpungen symmetrisch in Bezug auf die Strukturierung, also symmetrisch zum Strukturminimum oder -maximum, auszubilden. Unter Strukturierung ist insbesondere eine z. B. bei metallischen Wabenkörpern übliche Wellung, beispielsweise eine Sinusähnliche- oder Dreiecksförmige Wellung zu verstehen. Unter im wesentlichen durchgehenden Strukturen sind insbesondere Strukturen zu verstehen, die sich – bis auf die Umstülpungen – über die gesamte Länge des Wabenkörpers in Strömungsrichtung erstrecken. Bevorzugt ist die Abdeckung des durchströmbaren Querschnitts, die die Gegenstrukturen beim Eingriff in die Umstülpung bewirken, möglichst gering. Eine Ausbil-  
30

5      dung der Umstülpungen im Bereich der Strukturextrema kann beispielsweise auch bedeuten, dass nur ein Teil der Strukturierung zur Umstülpung beiträgt, dass insbesondere nur ein kleinerer Teil des die Strukturierung bildenden Materials der Wände umgestülpt wird, so dass die Grundform der Strukturierung im Bereich der Umstülpung erhalten bleibt.

10      Wenn man im wesentlichen glatte Lagen, insbesondere Blechlagen oder aus Fasern gebildete Lagen mit einer Gegenstruktur versieht, die im Wabenkörper etwa quer zur späteren Strömungsrichtung verlaufen soll, so müssen diese Lagen bei der Bildung des Wabenkörpers gewickelt werden, wobei die Wickelrichtung gerade so ist, dass die Gegenstrukturen ein solches Wickeln erheblich erschweren oder gar verhindern würden, da sie die Lage versteifen. Die Gegenstrukturen sollten daher so gestaltet sein, dass die Biegsamkeit der Lagen zum Wickeln auch mit kleinen Radien ausreicht. Dies kann man auf verschiedene Weise erreichen, insbesondere natürlich dadurch, dass die Gegenstrukturen keine Erhebungen oder 15      Vertiefungen, sondern einfach Löcher sind, in die Extrema der strukturierten Lagen hineinragen. Aber auch Gegenstrukturen als Erhebungen und/oder Vertiefungen sind möglich, solange diese durch geeignete Dimensionierung und/oder Unterbrechungen biegsam genug sind. Durchgehende Erhebungen und/oder Vertiefungen können durch Unterbrechungen, beispielsweise Löcher oder Entlastungsschlitze, so verändert werden, dass eine Lage trotz vorhandener Gegenstrukturen 20      noch genügend biegsam ist.

25      Durch die beschriebene Ausbildung von Umstülpung und Gegenstruktur kann es bei einem erfindungsgemäßen Wabenkörper nicht zu einer relativen Verschiebung zweier Hohlraumwände, die in einer Richtung, die im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung ist, benachbart sind, in Strömungsrichtung kommen, da nur der Wabenkörper als ganzes verschoben werden kann. Dies ist selbst dann der Fall, wenn die Lagen des erfindungsgemäßen Wabenkörpers thermisch miteinander verbunden sind, z. B. gelötet oder geschweißt, und sich diese thermisch aus- 30      gebildeten Verbindungen zumindest teilweise gelöst haben. Dies liegt daran, dass

die Gegenstrukturen, die in die Umstülpung eingreifen, eine relative Verschiebung zweier in einer Richtung, die im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung ist, benachbarter Hohlraumwände verhindern.

- 5 Eine Lage kann aus verschiedenen Arten von Materialien ausgebildet sein. Beispielsweise ist die Ausbildung zumindest eines Teils der Lagen aus Blech, bevorzugt korrosions- und hochtemperaturfesten Stahlblechen oder auch Aluminiumblechen möglich und erfindungsgemäß. Weiterhin kann erfindungsgemäß zumindest ein Teil der Lagen aus zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbarem
- 10 Material, beispielsweise einem metallischen Fasermaterial ausgebildet sein. Auch die Ausbildung zumindest eines Teils der Lagen aus einem Kompositmaterial, beispielsweise einem für ein Fluid zumindest teilweise durchströmbaren Material aus keramischen und metallischen Fasern, ist möglich und erfindungsgemäß. Hier kann eine keramische Faserlage durch eine fügetechnische Verbindung mit Blech-
- 15 streifen verstärkt sein.

- Ein erfindungsgemäßer Wabenkörper kann vorteilhafterweise als Katalysator-Trägerkörper und/oder Filter im Abgassystem eines Automobils eingesetzt werden. Besonders bevorzugt kann ein Einsatz in Form eines Partikelfilters erfolgen.
- 20 Ein solcher Partikelfilter kann sowohl offen, als auch geschlossen sein. Bei offenen Partikelfiltern können Partikel, deren Abmessungen deutlich größer sind als die Poren der verwendeten Filtermedien, den Partikelfilter durchwandern, so dass ein Verstopfen des Filters nicht möglich ist, während durch einen geschlossenen Partikelfilter keine Partikel durchtreten können. Weiterhin ist in vorteilhafter Weise
- 25 der Einsatz eines erfindungsgemäßen Wabenkörpers motornah, insbesondere vor einem Turbolader möglich. Auch der Einsatz als Adsorber für eine oder mehrere Komponenten des Abgases, wie beispielsweise von Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ), ist möglich und erfindungsgemäß. Weiterhin ist insbesondere der prinzipielle Aufbau eines erfindungsgemäßen Wabenkörpers wie oben im Stand der Technik beschrieben, also beispielsweise als Spiralform, S-Form oder Evolventenform, mög-
- 30

lich und erfindungsgemäß, genauso alle oben im zitierten Stand der Technik beschriebenen Ausführungsformen, Ergänzungen und/oder Einsatzmöglichkeiten.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers ist der Wabenkörper aus

- a) mindestens einer im wesentlichen glatten und mindestens einer zumindest teilweise strukturierten Lage oder
  - b) mindestens einer zumindest teilweise strukturierten Lage ausgebildet, wobei Umstülpungen und/oder Gegenstrukturen in einer im wesentlichen glatten und/oder in einer zumindest teilweise strukturierten Lage ausgebildet sind. Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang, dass der Wabenkörper durch
  - a) Wickeln mindestens einer Lage oder
  - b) Stapeln einer Mehrzahl von Lagen zu mindestens einem Stapel und Verwinden mindestens eines Stapels
- ausgebildet ist.

Die Ausbildung des Wabenkörpers aus im wesentlichen glatten und/oder zumindest teilweise strukturierten Blechlagen ermöglicht in vorteilhafter Weise die Ausbildung eines erfindungsgemäßen Wabenkörpers. Jedoch ist es genauso vorteilhaft und erfindungsgemäß möglich, den Wabenkörper nicht vollständig aus Blechlagen aufzubauen, sondern zumindest zum Teil andere Lagen, insbesondere metallische Lagen einzusetzen. Hierbei kann es sich zum Beispiel um Lagen aus zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbarem Material, beispielsweise metallische Fasermatten, handeln, die beim Aufbau eines Partikelfilters Verwendung finden können, jedoch auch um Kompositmaterialien, die beispielsweise aus keramischen und metallischen Fasern und gegebenenfalls aus Abschnitten aus Blech bestehen können. Auch der Einsatz von gelochten Blechlagen ist für manche Anwendungen von Vorteil.

Beim Aufbau des Wabenkörpers zumindest teilweise aus Blechlagen kann der Wabenkörper beispielsweise in Spiral-Form, in S-Form oder in Evolventenform gewickelt bzw. verwunden werden, wobei für Details auf den oben zitierten Stand der Technik verwiesen wird. Jedoch sind auch andere Formen eines Wabenkörpers  
5 möglich und erfindungsgemäß.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers, bei dem Umstülpungen in zumindest teilweise mit einer Strukturhöhe  $H$  strukturierten Lagen ausgebildet sind, ist die Höhe  $h$  der Umstülpungen kleiner oder  
10 gleich der Strukturhöhe  $H$ .

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers bei dem Umstülpungen in zumindest teilweise mit einer Strukturhöhe  $H$  strukturierten Lagen ausgebildet sind, ist die Höhe  $h$  der Umstülpungen größer  
15 als die Strukturhöhe  $H$ .

Je nach Höhe  $h$  der Umstülpungen können die Gegenstrukturen in ihrer Art angepasst ausgebildet werden. Beispielsweise kann die Gegenstruktur dann, wenn die  
20 Höhe  $h$  der Umstülpungen größer ist als die Strukturhöhe  $H$  der strukturierten Lagen, einfach in einem Schlitz in der benachbarten beispielsweise im wesentlichen glatten Lage bestehen. Vorteilhafterweise ist die Ausdehnung des Schlitzes in Strömungsrichtung an die entsprechende Ausdehnung der Umstülpung angepasst, so dass sich Formschluss ergibt. Eine weitere Möglichkeit besteht darin,  
25 dass auch die Gegenstruktur aus einer entsprechenden Umstülpung, bzw. aus der Ausnehmung, die die Umstülpung in den Strukturen hinterlässt, besteht. Bei entsprechender Ausdehnung der Umstülpungen in Strömungsrichtung ist es auch hier möglich, einen Formschluss von Umstülpung und Gegenstruktur zwischen zwei benachbarten Wänden der Hohlräume herzustellen.

30

Ist die Höhe  $h$  der Umstülpungen kleiner als die Strukturhöhe  $H$  der zumindest teilweise strukturierten Lagen, so kann eine Gegenstruktur als eine in einer im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung ausgebildete Mikrostruktur, beispielsweise in Form eines Walles, ausgebildet sein. Hierbei ist es möglich, dass  
5 eine mindestens eine Mikrostruktur entsprechend einer ersten und/oder einer zweiten Begrenzung der Umstülpung in Strömungsrichtung ausgebildet ist. So können beispielsweise zwei Gegenstrukturen ausgebildet sein, die gemeinsam in eine Umstülpung eingreifen, wobei der Abstand der Gegenstrukturen in Strömungsrichtung so gewählt werden kann, dass dieser im wesentlichen der Ausdehnung der Umstülpung in Strömungsrichtung entspricht.  
10

Erfindungsgemäß muss nicht jede Umstülpung mit einer Gegenstruktur in Eingriff stehen, je nach Anwendungsfall kann es vorteilhaft sein, nur einen Teil der Umstülpungen mit Gegenstrukturen in Eingriff zu bringen, beispielsweise nur jede  
15 zehnte, zwanzigste oder auch jede zweite, vierte, etc. Hierbei ist die Bezeichnung „jede zehnte, zwanzigste“, usw., darauf bezogen, dass der zehnte, zwanzigste, usw. Teil der Umstülpungen mit Gegenstrukturen in Eingriff steht.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Wabenkörpers ist die Höhe  $a$  einer Gegenstruktur kleiner, bevorzugt wesentlich kleiner, als die Höhe  $h$  der Umstülpungen.  
20

So ist es in vorteilhafter Weise möglich, Gegenstruktur und Umstülpung in Eingriff zu bringen oder sogar einen Formschluss zu erzeugen, ohne dass der Druckverlust der Strömung durch den Kanal signifikant erhöht wird.  
25

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Wabenkörpers steht jede Umstülpung mit einer Gegenstruktur in Eingriff.

30 Auch die Ausbildung einer Gegenstruktur für jede Umstülpung ist erfindungsgemäß möglich und kann je nach Anwendungsfall vorteilhaft sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Wabenkörpers besteht zumindest ein Teil der Gegenstrukturen aus Umstülpungen.

- 5 Die Ausbildung der Gegenstrukturen aus Umstülpungen erlaubt in einfacher Weise den Aufbau des Wabenkörpers beispielsweise aus nur einer Art von Lagen, die Umstülpungen aufweisen. Sind diese Umstülpungen entsprechend ausgebildet, so kann beispielsweise auf die Ausbildung von im wesentlichen glatten Lagen verzichtet werden. Weiterhin ist es auch möglich und erfindungsgemäß, auch die im
- 10 wesentlichen glatten Lagen mit Umstülpungen zu versehen, die mit Umstülpungen in den zumindest teilweise strukturierten Blechlagen in Eingriff bringbar sind. Auch der Aufbau eines Wabenkörpers, bei dem nur ein Teil der Gegenstrukturen Umstülpungen und ein anderer Teil eine andere Art Gegenstrukturen sind, ist möglich und erfindungsgemäß. Bei verschiedenen Arten von Gegenstrukturen
- 15 kann zum Beispiel in vorteilhafter Weise Einfluss auf die Druckverhältnisse im Inneren des Wabenkörpers genommen werden. Auch die Verteilung der Strömung durch den Wabenkörper in verschiedene Bereiche ist möglich und erfindungsgemäß.
- 20 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers besteht zumindest ein Teil der Gegenstrukturen aus Prägungen.

- Die Ausbildung der Gegenstrukturen als Prägungen ist eine besonders einfache Form der Gegenstruktur. Hier können solche Prägungen zum Beispiel in der im
- 25 wesentlichen glatten und/oder in zumindest teilweise strukturierten Lagen ausgebildet sein.

- Besonders bevorzugt ist es in diesem Zusammenhang, dass die Prägungen als Mikrostrukturen ausgebildet sind, die im wesentlichen transversal zur axialen
- 30 Richtung des Wabenkörpers verlaufen.

Unter Mikrostruktur wird in diesem Zusammenhang eine Struktur verstanden, die beim Aufbau des Wabenkörpers zumindest teilweise aus zumindest teilweise strukturierten Lagen eine geringere Strukturhöhe aufweist als die Struktur der zumindest teilweise strukturierten Lagen. Eine Mikrostruktur kann sowohl in im wesentlichen glatten als auch als Sekundärstruktur in zumindest teilweise strukturierten Lagen ausgebildet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers besteht zumindest ein Teil der Gegenstrukturen aus mindestens zwei in Strömungsrichtung beabstandeten Prägungen.

Zwei oder mehr axial beabstandete Prägungen ermöglichen in vorteilhafter Weise den Formschluss zwischen Umstülpung und Gegenstruktur, ohne dass durch die Zusammenwirkung von Umstülpung und Gegenstruktur ein signifikant erhöhter Druckverlust vorliegt. Insbesondere zwei Prägungen, deren Abstand in Strömungsrichtung bevorzugt den Abmessungen einer Umstülpung in Strömungsrichtung entsprechen, verhindern in vorteilhafter Weise eine relative Verschiebung des Wabenkörpers in Strömungsrichtung, also insbesondere den Teleskopiereffekt und erhöhen so die Lebensdauer des Wabenkörpers.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers weisen die Prägungen Perforationen, besonders Mikroperforationen auf. Mikroperforationen zeichnen sich dadurch aus, dass ihre Abmessungen deutlich kleiner sind als die Abmessungen der Strukturen der zumindest teilweise strukturierten Lagen. Im Falle von metallischen Lagen, insbesondere Blechlagen, erleichtert die Ausbildung von Perforationen in den Prägungen die Verformbarkeit der Lage, insbesondere die Wickelbarkeit. Durch die Perforationen werden die Prägungen unterbrochen bzw. beschränkt.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers ist zumindest ein Teil der Gegenstrukturen als Löcher ausgebildet.

Bei entsprechender Ausgestaltung der Umstülpungen sind die Gegenstrukturen mit diesen in Eingriff bringbar, insbesondere sogar in Formschluss. Löcher als Gegenstrukturen sind einfach anzubringen. Vorteilhafterweise entsprechen die  
5 Abmessungen der Löcher in Strömungsrichtung den Abmessungen der Umstülpungen in Strömungsrichtung.

Die Form und Ausgestaltung der Gegenstrukturen sind nicht auf die hier dargelegten Beispiele beschränkt. Insbesondere können auch in einem einzigen Wabenkörper oder auch innerhalb einer einzigen Lage unterschiedliche Formen und  
10 Ausgestaltungen von Gegenstrukturen ausgebildet sein.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers sind zumindest ein Teil der Gegenstrukturen in einer im wesentlichen  
15 glatten Lage ausgebildet.

Dies gestattet beispielsweise das Verhindern einer relativen Verschiebung des Wabenkörpers in Strömungsrichtung in einem aus zumindest einer zumindest zum Teil strukturierten und zumindest einer im wesentlichen glatten Lage.  
20

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers ist zumindest ein Teil der Gegenstrukturen in einer zumindest teilweise strukturierten Lage ausgebildet.

25 Dies ermöglicht die Verwirklichung der Erfindung beispielsweise in Wabenkörpern, die nur aus zumindest teilweise strukturierten Lagen, insbesondere metallischen Lagen wie Blechlagen ausgebildet sind.

Jedoch können in gleicher Weise erfindungsgemäß Gegenstrukturen sowohl in im  
30 wesentlichen glatten, als auch in zumindest teilweise strukturierten Lagen ausgebildet sein.

Eine weiter vorteilhafte Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Wabenkörpers zeichnet sich dadurch aus, dass der Quotient aus

- 5           a) der Summe der Höhe (h) der Umstülpung und der Höhe (a) der Gegenstruktur und
- b) dem radialen Abstand (KH) zweier Wände der Hohlräume kleiner als 1 ist.

Das heißt, es ergibt sich folgender Zusammenhang:

10

$$(h + a)/KH < 1.$$

Eine solche Ausgestaltung der Umstülpungen und der Gegenstrukturen gewährleistet in vorteilhafter Weise eine auch unter den sehr Verschleißfördernden  
15 Einsatzbedingungen eines Wabenkörpers beispielsweise als Katalysatorträgerkörper im Abgassystem eines Automobils, die sich beispielsweise durch die Belastung durch stark pulsatile Gasströme und große thermische Gradienten und Transienten auszeichnen, eine gute Dauerhaltbarkeit. Relative Verschiebungen in Strömungsrichtung im Wabenkörper werden wirksam unterbunden.

20

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers sind zumindest ein Teil der Lagen metallische Lagen. Besonders bevorzugt ist es in diesem Zusammenhang, dass zumindest ein Teil der metallischen Lagen Blechlagen sind. Vorzugsweise weisen diese eine Dicke von weniger als 60  
25 µm, bevorzugt weniger als 40µm, besonders bevorzugt weniger als 25µm auf.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers ist zumindest ein Teil der metallischen Lagen zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbar. Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang, dass  
30 zumindest ein Teil der zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbareren metal-

lischen Lagen aus einem metallischen Fasermaterial, insbesondere einem gesinter-  
ten metallischen Fasermaterial ausgebildet ist.

5 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Wabenkörpers ist zumindest ein Teil der Lagen aus einem Kompositmaterial, bevorzugt einem Kompositmaterial aus keramischen und metallischen Fasern, aufgebaut.

10 Die Erfindung soll im folgenden anhand der in der Zeichnung gezeigten Ausführungsbeispiele beschrieben werden, ohne dass sie auf diese beschränkt ist. Es zeigen:

- Fig. 1 eine zumindest teilweise strukturierte Lage mit Umstülpungen;
- 15 Fig. 2 eine schematische perspektivische Ansicht eines Teils eines Wabenkörpers;
- Fig. 3 einen schematischen Querschnitt durch den Wabenkörperteil von Fig. 2 entlang der Linie III;
- 20 Fig. 4 ein Beispiel für Formschluss durch Löcher in einer im wesentlichen glatten Lage gebildete Gegenstrukturen;
- Fig. 5 eine anderes Beispiel für eine Formschlussverbindung zwischen  
25 glatten und gewellten Lagen mit Umstülpungen;

- Fig. 6 ein weiteres Beispiel einer zumindest teilweise strukturierten Lage mit Umstülpungen und entsprechender im wesentlichen glatter Lagen mit Gegenstrukturen;
- 5 Fig. 7 einen erfindungsgemäßen Wabenkörper im Querschnitt;
- Fig. 8 ein weiteres Beispiel einer zumindest teilweise strukturierten Lage und einer im wesentlichen glatten Lage mit Umstülpungen und Gegenstrukturen im schematischen Querschnitt; und
- 10 Fig. 9 ein weiteres Beispiel einer im wesentlichen glatten Lage und einer zumindest teilweise strukturierten Lage mit Umstülpungen und Gegenstrukturen im schematischen Querschnitt.
- 15 Fig. 1 zeigt eine zumindest teilweise strukturierte Lage 1, beispielsweise aus einer dünnen Metallfolie, insbesondere einer dünnen korrosionsfesten Stahlfolie, mit Umstülpungen 2. Die zumindest teilweise strukturierte Lage 1 weist im vorliegenden Ausführungsbeispiel dreiecksförmige (alle Ausführungen gelten aber in gleicher Weise für andere Wellformen, die sich zeichnerisch aber nicht so übersichtlich darstellen lassen) Strukturen 3 auf, die sich bis auf die Bereiche mit Um-
- 20 stülpungen 2 über die gesamte Länge der Lage 1 erstrecken. Diese Strukturen 3 weisen jeweils Strukturmaxima 4 und Strukturminima 5 auf (gemeinsam als Strukturextrema bezeichnet) und bilden mit anderen Lagen für ein Fluid, beispielsweise ein Abgas, durchströmbare Hohlräume. Jeweils im Bereich der Struktur-
- 25 turminima 4 und/oder der Strukturmaxima 5 sind Umstülpungen 2 einer Höhe  $h$  ausgebildet. Im Bereich der Strukturextrema 4, 5 ist die Lage 1 in eine Richtung gefaltet. Eine Umstülpung 2 ist eine Umformung des Materials der Lage 1, wobei diese in eine zweite entgegengesetzte Richtung gekrümmt oder gefaltet ist, also eine zu der Grundstruktur etwa inverse Form bildet. Beim Aufbau eines Waben-

körpers zumindest teilweise aus solchen Lagen 1 kann der Wabenkörper im wesentlichen in Richtung der Strömungsrichtung 19 von einem Fluid, insbesondere Abgas, durchströmt werden.

- 5 Fig. 2 zeigt eine schematische perspektivische Ansicht des formschlüssigen Zusammenwirkens einer strukturierten 1 und einer im wesentlichen glatten 10 Lage mit Gegenstruktur 11. Fig. 3 zeigt einen Querschnitt durch Fig. 2 entlang der Linie III. Die Struktur 3 der strukturierten Lage 1 weist Strukturmaxima 4 und Strukturminima 5 auf. Weiterhin ist eine Umstülpung 2 ausgebildet. Die Umstülpung 2 ist durch eine Umformung des Materials der Lage 1 ausgebildet. Die
- 10 Struktur 3 als solche (also ohne die Umstülpung betrachtet) weist eine Faltung oder eine Krümmung in einer ersten Richtung auf. Bei einer Dreieckswellung wie im vorliegenden Beispiel heißt dies, dass die Struktur 3 aus einer ersten Flanke 6 und einer zweiten Flanke 7 aufgebaut ist, die im Querschnitt zwei Geraden bilden.
- 15 Hierbei weist die erste Flanke 6 eine erste Flankensteigung und die zweite Flanke 7 eine zweite Flankensteigung auf, deren Vorzeichen entgegengesetzt ist. Auch die Umstülpung 2 ist im vorliegenden Beispiel aus zwei Flanken gebildet, nämlich einer ersten Umstülpflanke 8 und einer zweiten Umstülpflanke 9. Bei Ausbildung der Umstülpung 2 geht die erste Umstülpflanke 8 aus der ersten Flanke 6 und die
- 20 zweite Umstülpflanke 9 aus der zweiten Flanke 7 hervor. Im Querschnitt bilden die erste Umstülpflanke 8 und die zweite Umstülpflanke 9 zwei Geraden, deren Steigung unterschiedliche Vorzeichen aufweist. Somit liegt die Faltung der Umstülpung 2 im wesentlichen in einer zur Richtung der Faltung der Strukturextrema 4, 5 entgegengesetzten Richtung vor, die Formen der Struktur 3 und der Umstülpungen 2 sind etwa entgegengesetzt.
- 25

Weiterhin zeigen Fig. 2 und 3 zwei benachbarte im wesentlichen glatte metallische Lagen 10, die in diesem Beispiel als Mikrostruktur ausgebildete Gegenstrukturen 11 aufweisen. Diese Gegenstrukturen 11 bestehen aus einer wallförmigen

30 Prägung, die in dem Bereich ausgebildet ist, die der Umstülpung 2 benachbart ist. Diese Gegenstruktur 11 greift in die Umstülpung 2 ein. Bevorzugt ist die Gegen-

struktur 11 so ausgebildet, dass ein Formschluss zwischen Gegenstruktur 11 und Umstülpung 2 vorliegt. Um die Biegsamkeit der durch die Gegenstruktur 11 ansonsten sehr steifen Lage 10 zu erhöhen, sind Entlastungsschlitze 22 vorhanden, vorzugsweise mit gerundeten Enden, um eine Kerbwirkung und ein weiteres Einreißen zu vermeiden. Das in Eingriff stehen bzw. der Formschluss zwischen Umstülpung 2 und Gegenstruktur 11 verhindert in vorteilhafter Weise eine Relativbewegung zwischen der zumindest teilweise strukturierten metallischen Lage 1 und benachbarten im wesentlichen glatten metallischen Lagen 10. Wird aus solchen Lagen 1, 10 ein Wabenkörper, beispielsweise ein Katalysator-Trägerkörper oder Filter zum Einsatz insbesondere im Automobilbau, aufgebaut, so ist bei diesem eine Relativbewegung der Lagen 1, 10 in vorteilhafter Weise verhindert, insbesondere wird ein Teleskopieren des Wabenkörpers vermieden. Die zumindest teilweise strukturierte Lage 1 weist dreiecksförmige Strukturen 3 einer Strukturhöhe  $H$ . Die Umstülpungen 2 sind im Bereich der Strukturminima 4 und Strukturmaxima 5 ausgebildet und zwar symmetrisch zu den Strukturextrema 4, 5. Die Höhe  $h$  einer Umstülpung 2 ist im vorliegenden Beispiel kleiner als die Strukturhöhe  $H$  der Strukturen 3. Weiterhin sind in den im wesentlichen glatten metallischen Lagen 10 Gegenstrukturen 11 ausgebildet, deren Höhe  $a$  wesentlich kleiner als die Höhe  $h$  der Umstülpungen 2 ist. Beispielhaft ist zu jeder Umstülpung 2 eine Gegenstruktur 11 eingezeichnet, jedoch ist es genauso möglich, nur einen Teil der Umstülpungen 2 mit Gegenstrukturen 11 zu versehen. Bei der Festlegung der relativen Anzahl der Umstülpungen 2 pro Gegenstruktur 11, bei der Auslegung der Form der Gegenstruktur 11 und bei der Entscheidung, ob ein reiner Eingriff oder ein Formschluss der Gegenstruktur 11 mit der Umstülpung 2 auszubilden ist, kann in vorteilhafter Weise die spätere Einsatzart berücksichtigt werden. So werden beispielsweise Katalysator-Trägerkörper, die im Abgassystem eines Otto-Motors eingesetzt werden, anderen Belastungen in Bezug auf Pulsationsfrequenz und -amplitude, sowie Temperatur des Abgases ausgesetzt als beispielsweise bei Diesel- oder Wankelmotoren. Auch die Lage eines Katalysator-Trägerkörpers in Bezug auf einen Verbrennungsmotor (beispielsweise motornah,

im Krümmer oder Sammler, usw.) hat starke Auswirkungen auf die Belastungen, denen der Katalysator-Trägerkörper standhalten muss.

Beim Aufbau eines Wabenkörpers wie oben beschrieben, also durch Wickeln oder  
5 Winden einer oder mehrerer Lagen, werden für ein Fluid be- oder durchströmbare Hohlräume 12 gebildet, die von den Lagen 1, 10 begrenzt werden. Der radiale Abstand KH zweier benachbarter Wände der Hohlräume 1, 10 entspricht im wesentlichen der Strukturhöhe H.

10 Neben der in Fig. 2 und 3 gezeigten Art der Gegenstrukturen 11 gibt es noch eine Vielzahl von möglichen Formen von Gegenstrukturen, von denen einige beispielhaft in weiteren Figuren gezeigt werden. Die verschiedenen Arten von Gegenstrukturen 11 können beliebig in einem erfindungsgemäßen Wabenkörper kombiniert werden. Weiterhin müssen Umstülpungen 2 und Gegenstrukturen 11 auch  
15 nicht im gesamten Wabenkörper ausgebildet sein, auch eine bereichsweise Ausbildung, beispielsweise nur in einem axialen oder radialen Teilbereich ist möglich und erfindungsgemäß. In einem anderen Teilbereich können beispielsweise Löcher in den Lagen ausgebildet sein, deren Abmessungen größer, bevorzugt deutlich größer, als die Strukturwiederhollänge der Strukturen 3 ist.

20 Fig. 4 und 5 zeigen in schematischer perspektivischer Ansicht, wie Löcher 23 als Gegenstrukturen 11 wirken können, indem sie mit Strukturextrema 4, 5 der Struktur 3 oder mit Umstülpungen 2 zusammenwirken. Diese Ausführungsformen sind besonders vorteilhaft, weil die Löcher 23 die Biegsamkeit der im wesentlichen  
25 glatten Lagen nicht vermindern, sondern sogar erhöhen.

Solche metallischen Lagen 1, 10 können zumindest teilweise dünne Blechlagen sein, bevorzugt von einer Dicke von weniger als 60  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als 40  $\mu\text{m}$ , insbesondere weniger als 25  $\mu\text{m}$ . Auch können die Lagen 1, 10  
30 auch zumindest teilweise aus einem zumindest teilweise für ein Fluid durchström- baren Material bestehen, zum Beispiel einem metallischen Fasermaterial, welches

aus Pulver, Spänen oder Fasern beispielsweise gesintert oder auch auf eine Tragstruktur, wie beispielsweise ein Streckmetallgitter aufgebracht wird.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel von Lagen 1, 10 zum Aufbau eines  
5 erfindungsgemäßen Wabenkörpers. Hier ist die zumindest teilweise strukturierte Lage 1 Sinus-gewellt und weist Strukturen 3 auf. Weiterhin sind Umstülpungen 2 gebildet, die in eine Richtung gekrümmt sind, die entgegengesetzt zu der Krümmung der entsprechenden Strukturen 3 in diesem Bereich ist. Die Umstülpungen 2 sind im Bereich der Strukturmaxima 4 und der Strukturminima 5 symmetrisch zu  
10 den Strukturen 3 ausgebildet. Nur ein Teil des die Strukturen 3 bildenden Materials trägt zur Bildung der Umstülpungen 2 bei. Die Gegenstruktur 2 ist als Prägung ausgebildet. Vorteilhafterweise können in Strömungsrichtung 19 auch pro Umstülpung 2 auch mehrere, beispielsweise zwei, Gegenstrukturen 11 ausgebildet sein, die vorteilhafterweise in Strömungsrichtung 19 einen Abstand aufweisen  
15 können, der der Ausdehnung der Umstülpung 2 in Strömungsrichtung 19 entspricht.

Fig. 7 zeigt einen erfindungsgemäßen Wabenkörper 13 im Querschnitt, der eine in einem Mantelrohr 14 ausgebildete Wabenstruktur 15 aufweist. Die Wabenstruktur  
20 15 ist aus im wesentlichen glatten metallischen Lagen 10 und zumindest teilweise strukturierten metallischen Lagen 1 aufgebaut, die erfindungsgemäße, nur exemplarisch gezeigten Umstülpungen 2 in den zumindest teilweise strukturierten metallischen Lagen 1 und der Übersichtlichkeit halber nicht gezeigte Gegenstrukturen 11 in den im wesentlichen glatten metallischen Lagen 10 aufweisen. Die metallischen Lagen 1, 10 bilden sich in Strömungsrichtung 19 erstreckende Hohlraumwände, die Hohlräume 12 begrenzen. Der Abstand KH zweier Hohlraumwände 1, 10 in einer Richtung im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung 19 ist im vorliegenden Beispiel im wesentlichen durch die Strukturhöhe H definiert. Ein solcher erfindungsgemäßer Wabenkörper 13 ist in Strömungsrichtung  
25 30 19 von einem Fluid wie beispielsweise einem Abgas durchströmbar.

Fig. 8 zeigt schematisch im Querschnitt ein weiteres Beispiel einer Gegenstruktur 11. Die zumindest teilweise strukturierte Lage 1 weist eine Umstülpung 2 auf, die durch die als Loch 23 in der im wesentlichen glatten Lage 10 gebildete Gegenstruktur 11 in einen radial benachbarten Hohlraum hineinragt. Die Anpassung der Abmessungen des Lochs 23 an die Abmessungen der Umstülpung 2 gestatten in vorteilhafter Weise die Ausbildung eines Formschlusses zwischen Umstülpung 2 und Gegenstruktur 11.

Fig. 9 zeigt ein weiteres Beispiel seiner Gegenstruktur 11 schematisch im Querschnitt. Diese Gegenstruktur 11 ist in den Bereichen in Strömungsrichtung 19, in denen Umstülpungen 2 vorliegen, als Prägung in der im wesentlichen glatten Lage 10 ausgebildet. Die Prägung verläuft in transversaler Richtung, also im wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung 19, in der sich die Lagen 1, 10 erstrecken. Durch die Prägung weist die im wesentlichen glatte Lage ein Glattniveau 17 und ein Prägeniveau 16 auf. Hierbei entspricht der Abstand des Glattniveaus 17 zur als gestrichelte Linie eingezeichneten Bezugsebene 18, die durch die Strukturminima 5 aufgespannt wird, der Strukturhöhe  $H$ , während der Abstand des Prägeniveaus 16 von der Bezugsebene 18 der Differenz der Strukturhöhe  $H$  und der Höhe  $a$  der Gegenstruktur 11 entspricht. Das Prägeniveau 16 unterscheidet sich also um die Höhe  $a$  einer Gegenstruktur 11 vom Glattniveau 17. Um die Verformbarkeit der im wesentlichen glatten Lage 10 zu erhöhen, sind im Bereich der Prägung Perforationen 20 mit Perforationsrändern 21 ausgebildet.

In einem erfindungsgemäßen Wabenkörper 13 werden durch das Zusammenwirken von Umstülpungen 2 und diesen zugeordneten Gegenstrukturen 11 relative Bewegungen der Lagen 1, 10 zueinander in Strömungsrichtung 19 unterbunden. Dies geschieht dadurch, dass Gegenstruktur 11 und Umstülpung 2 miteinander in Eingriff stehen. So kann insbesondere auch das Teleskopieren von Wabenkörpern 13 verhindert werden.

## Bezugszeichenliste

- |    |    |  |
|----|----|--|
|    | 1  | zumindest teilweise strukturierte Lage |
|    | 2  | Umstülpung                             |
|    | 3  | Struktur                               |
| 5  | 4  | Strukturmaximum                        |
|    | 5  | Strukturminimum                        |
|    | 6  | erste Flanke                           |
|    | 7  | zweite Flanke                          |
|    | 8  | erste Umstülpflanke                    |
| 10 | 9  | zweite Umstülpflanke                   |
|    | 10 | im wesentlichen glatte Lage            |
|    | 11 | Gegenstruktur                          |
|    | 12 | Hohlraum                               |
|    | 13 | Wabenkörper                            |
| 15 | 14 | Mantelrohr                             |
|    | 15 | Wabenstruktur                          |
|    | 16 | Prägeniveau                            |
|    | 17 | Glattniveau                            |
|    | 18 | Bezugsebene                            |
| 20 | 19 | Strömungsrichtung                      |
|    | 20 | Perforation                            |
|    | 21 | Perforationsrand                       |
|    | 22 | Entlastungsschlitz                     |
|    | 23 | Loch                                   |
| 25 |    |  |
|    | a  | Höhe einer Gegenstruktur               |
|    | h  | Höhe einer Umstülpung                  |
|    | H  | Strukturhöhe                           |
|    | KH | radialer Abstand zweier Hohlraumwände  |

## Patentansprüche

1. Aus abwechselnden im wesentlichen glatten (10) und zumindest teilweise  
5 strukturierten (1) Lagen gebildeter Wabenkörper (13), insbesondere Kataly-  
sator-Trägerkörper und/oder Filter, vorzugsweise für das Abgassystem eines  
Automobils, wobei die Lagen (1, 10) für ein Fluid im wesentlichen in einer  
axialen Strömungsrichtung (19) durchlässige Hohlräume (12) bilden, wobei  
die strukturierten Lagen (1) Strukturextrema (4, 5) aufweisen, die mit be-  
10 nachbarten im wesentlichen glatten Lagen (10) in Kontakt sind, und wobei  
die strukturierten Lagen (1) im Bereich ihrer Strukturextrema (4, 5) Umstül-  
pungen (2) aufweisen, die in die Hohlräume (12) hineinragen und in einem  
zur Strömungsrichtung (19) senkrechten Querschnitt durch den Wabenkör-  
per (13) eine zu den Strukturextrema (4, 5) etwa inverse Form aufweisen, so  
15 dass im Bereich der Umstülpungen (2) Unterbrechungen (22) in den Struk-  
turextrema (4, 5) entstehen, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der  
Umstülpungen (2) und/oder der Strukturextrema (4, 5) Gegenstrukturen (11)  
in den im wesentlichen glatten Lagen (10) ausgebildet sind, die mit den  
Strukturextrema (4, 5) und/oder mit den Umstülpungen (2) in Eingriff ste-  
20 hen.
2. Wabenkörper (13) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ge-  
genstrukturen (11) in einem formschlüssigen Kontakt mit zumindest einem  
Teil der Strukturextrema (4, 5) und/oder Umstülpungen (2) sind.
- 25 3. Wabenkörper (13) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Gegenstrukturen in den im wesentlichen glatten Lagen (10) so ausgebil-  
det sind, dass die Biegsamkeit dieser Lagen (10) genügend groß zum Wi-  
ckeln bleibt, insbesondere durch Löcher und/oder Unterbrechungen in den  
Gegenstrukturen (11).
- 30

4. Wabenkörper (13) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Wabenkörper (13) durch
- a) Wickeln mindestens einer Lage (1) oder
- b) Stapeln einer Mehrzahl von Lagen (1, 10) zu mindestens einem Stapel
- 5 und Verwinden mindestens eines Stapels
- ausgebildet ist.
5. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Umstülpungen (2) in zumindest teilweise mit einer Strukturhöhe (H) strukturierten Lagen (1) ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe
- 10 (h) der Umstülpungen (2) kleiner oder gleich der Strukturhöhe (H) ist.
6. Wabenkörper (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem Umstülpungen (2) in zumindest teilweise mit einer Strukturhöhe (H) strukturierten Lagen (1) ausgebildet sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Höhe (h) der
- 15 Umstülpungen (2) größer als die Strukturhöhe (H) ist.
7. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Gegenstruktur (11) eine Erhöhung oder Vertiefung
- 20 ist, deren Höhe (a) kleiner, bevorzugt wesentlich kleiner, als die Höhe (h) der Umstülpungen (2) ist.
8. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jede Umstülpung (2) mit einer Gegenstruktur (11) in
- 25 Eingriff steht.
9. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) aus Umstülpungen (2) besteht.
- 30

10. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) aus Prä-  
gungen besteht.
- 5 11. Wabenkörper (13) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Prägungen als Mikrostrukturen ausgebildet sind, die im wesentlichen trans-  
versal zur axialen Strömungsrichtung (19) des Wabenkörpers (13) verlau-  
fen.
- 10 12. Wabenkörper (13) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass  
zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) aus mindestens zwei in Strö-  
mungsrichtung beabstandeten Prägungen besteht.
- 15 13. Wabenkörper (13) nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die Prägungen Perforationen, bevorzugt Mikroperforationen  
aufweisen.
- 20 14. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) als Lö-  
cher (23) ausgebildet ist.
- 25 15. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) als Lö-  
cher in den im wesentlichen glatten Lagen (10) ausgebildet sind, in die die  
Strukturextrema (4, 5) und/oder die Umstülpungen (2) hineinragen, insbe-  
sondere im wesentlichen formschlüssig hineinragen.
- 30 16. Wabenkörper (13) nach einem der Ansprüche 3 bis 15, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass zumindest ein Teil der Gegenstrukturen (11) in den zumindest  
teilweise strukturierten Lagen (1) ausgebildet sind.

17. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Quotient aus
- a) der Summe der Höhe (h) der Umstülpung (2) und der Höhe (a) der Gegenstruktur (11) und
  - b) dem radialen Abstand (KH) zweier Wände der Hohlräume (1, 10)
- kleiner ist als 1.
18. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Lagen (1, 10) metallische Lagen sind.
19. Wabenkörper (13) nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der metallischen Lagen (1, 10) Blechlagen sind.
20. Wabenkörper (13) nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechlagen (1, 10) eine Dicke von weniger als 60  $\mu\text{m}$ , bevorzugt weniger als 40  $\mu\text{m}$ , besonders bevorzugt weniger als 25  $\mu\text{m}$  aufweisen.
21. Wabenkörper (13) nach einem der Ansprüche 18 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der metallischen Lagen (1, 10) zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbar ist.
22. Wabenkörper (13) nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der zumindest teilweise für ein Fluid durchströmbaren metallischen Lagen (1, 10) aus einem metallischen Fasermaterial, insbesondere einem gesinterten metallischen Fasermaterial ausgebildet ist.
23. Wabenkörper (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Teil der Lagen (1, 10) aus einem Kompositmaterial, bevorzugt einem Kompositmaterial aus keramischen und metallischen Fasern, aufgebaut ist.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # E-81179

Applic. # \_\_\_\_\_

Applicant: W. Maus, et al.

Lerner Greenberg Steiner LLP  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101